仕 様 書（製 造 請 負）

1　件名

ビーム出射用低電力高周波制御装置の製作

2　数量

一式

3　目的

重粒子線がん治療装置（HIMAC）のシンクロトロンから出射するビーム強度は、治療精度を高く保つために照射シーケンスに同期して制御されなければならない。本件は、加速器制御システムから受けるタイミング信号や、照射制御システムから受ける出射ビームのオン・オフ指令、また、ビーム強度設定にあわせて低電力の高周波信号を生成し、ビームラインないしはビーム照射ポートにある線量計からの信号を用いたフィードバックシステムによって出射ビーム強度を制御する装置を製作することで、ビーム強度の安定化と高速なビームオン・オフ制御、そして幅広いビーム強度変調を可能にするものである。

4　納入期限

平成27年4月28日（火）

5　納入場所

放射線医学総合研究所　主加速器電源室（B1F）

6　仕様

本件では、既存の加速器、照射制御システムとの信号授受や、シンクロトロンからのビーム出射のための様々な波形に対応した高周波信号生成機能が必要であるため、以下の仕様を満たすこと。

(1)　信号波形生成:　　3CH 以上をアナログ合成
(2)　信号発生方式:　　ダイレクト・デジタル・シンセサイザ（DDS）方式
(3)　DDS 出力波形:　　正弦波
(4)　出力周波数:　　100kHz - 2000kHz
(5)　変調周波数:　　0kHz - 40kHz
(6)　変調方式:　　鋸波形変調

(7)　高周波出力:　最大 10dBm、インピーダンス 50Ω
(8)　高周波出力取り合い:　N-FEMALE コネクタ
(9)　ビーム強度制御方式:　PID フィードバック制御
(10) 出力振幅制御周期:　10kHz
(11) 主制御チップ:　Field Programmable Gate Array（FPGA）
(12) 出力波形パラメータ:　ビームエネルギーに対応した 256 個の ID とデータテーブルで管理
(13) 強度制御パラメータ:　ビーム強度に対応した 1024 個の ID とデータテーブルで管理
(14) パラメータ制御:　パラレル I/O による ID 切替
(15) 通信用 I/F:　RS-232C、Ethernet 通信によるパラメータ設定・取込
(16) 電源:　AC100V（50Hz/60Hz）
(17) 装置筐体:　EIA 規格 19 インチラックケース
(18) 高周波出力取り合い:　N-FEMALE コネクタ
(19) 制御入出力取り合い:　D-sub コネクタ
(20) 制御入出力信号:　ビーム強度 ID、ビームエネルギーID、各種タイミング信号、線量計出力信号、線量モニタゲイン信号、照射許可信号、照射要求信号、再入射要求信号、周回ビーム電流量信号、各種ステータス信号　など

【その他の詳細仕様】

(1) 本装置の筐体は 19 インチラックにマウント可能な、独立した金属箱とし、電源、電源スイッチ、ヒューズを内蔵するものとする。
(2) RS-232C や Ethernet 通信からのコマンドにより、高周波出力や PID 制御のオン・オフ切替ができること。また、筐体には、この通信用のコネクタを設けること。
(3) 線量計が出力するビーム強度信号には、2MHz(max)のパルス信号と 18bit/200kHz のシリアル信号の2種類があり、これらは1つの入力系統に対して設定信号によって切り替えられて送られてくるため、設定にあわせてどちらの信号でも受けられること。また、これらのビーム強度信号を受けるに際しては、ビーム強度信号を生成するアンプのゲイン設定情報を受信して、その値に基づいた補正をおこなうものとする。
(4) ビーム出射開始時は、タイマー制御を用いたフィードバック制御の開始遅延時間やフィードバックゲインのランプ時間を設定できること。また、タイマー制御を用いた出力信号振幅の待機時間やランプ時間を設定できること。
(5) フィードバック制御のアンプレベルがある閾値を一定時間超えたらパルス信号を

出力できるようにすること。

(6) 取り込んだ周回ビーム電流量信号にあわせて、出力する高周波信号の振幅と各周波数成分の振幅比を変調できること。

(7) フィードバックアルゴリズムの詳細は、放射線医学総合研究所が提供するものとする。

(8) 装置パネルには、現在の動作状況がわかるように LED や7セグなどの表示器をとりつけること。また、フィードバック制御の動作を確認するためのモニタ端子も設けること。

(9) 装置ステータスは、Ethernet 端子から TCP/IP 通信によって定期的に加速器制御システムに通知するものとする。また、これらの通信においては、常にアンサーバックを用意して、ハンドシェイクをおこなうものとする。この通信仕様書は、放射線医学総合研究所が提供するものとする。

(10) 上位制御システムとの通信コマンドには、2 種類が存在する。1 つは、重要データ設定コマンドであり、これにより、本装置にデータが入力されれば、それは、電源をオフにしても消えないものである。このデータは、バッテリーバックアップでない不揮発性のメモリーに保存することとする。また、本装置にはカギを設け、カギが所定の位置にある場合のみ、このデータの変更が可能とする。もう 1 つは、通常制御コマンドであり、この内容は電源をオフにすると消去され、初期値にもどる。

(11) 上記の通信機能をはじめ、本装置のすべての機能は、電源投入後 5 秒以内に、利用可能になるものとする。

以上の設計・製作を行うにあたり、その詳細について本所担当員と随時協議をおこない、承認を得た後、製作に取りかかるものとする。また、上記を含む詳細な仕様は本所担当員の承認を得た上で変更可能とする。

7 試験

製作する装置に関して、下記に示した試験検査を工場にて実施すること。

(1) 外観・構造検査

外観・構造検査を行い、設計通りであるか確認を行うこと。

(2) 制御試験

制御システムを模擬したシステムを構築し、外部制御信号を入力し、高周波信号出力のオン・オフや外部制御出力機能、パネル表示器が正常に動作するか確認すること。また、パネル表示器やモニタ端子への出力も同様に確認すること。

(3) 動作試験

強度制御パラメータを変更し、フィードバック制御やタイマー制御などの出力振幅

制御が正しく動作することを確認すること。また、出力波形パラメータを変更し、周波数や振幅、変調幅、変調周期、位相が正しく動作することも確認すること。

8　その他

（1）製作前に承認図を提出し、放医研担当者の了解を得てから製作に着手すること。

（2）その他、詳細については放医研担当者と協議し作業を進めること。

（3）製作完了より1年以内に生じた不具合に対しては、無償で速やかに修理対応を行うものとする。

（4）本請負者は、本件業務上知り得た情報（技術情報、仕様、機能等）を発注者の許可なくして第三者に開示してはならない。

（5）本件を通じて新たに開発した項目の知財の扱いについては別途協議する。

9　提出図書

製作仕様書、外観図、回路図、取扱説明書、試験検査報告書を含む完成図書を3部提出すること。また、完成図書の電子ファイル1部を別途提出すること。

10　検査

納入完了後、当研究所職員が、所定の要件を満たしていることを確認したことをもって検査合格とする。

部課名　　　　物理工学部
使用者氏名　　水島　康太